

以下の内容は概ね 2020 年時点の情報で、ほぼ Ref[1] の内容である。現状を完全に反映しているわけではない。

動向

- ・ 2023 年に中性原子の量子コンピューターが作られる（これはブレイクスルー）→量子回路は depth が大きくなってもよくなった。また、sampling overhead は小さくしたい。
- ・ 中性原子としては一般にルビジウムを使う (in 2020)

わかっていること

- ・ 超伝導やシリコンスピンではできるだけ量子ビットから異質的な要素を取り除かなければならないが、中性原子ではそれらの必要がない（要調査 異質とは何か）
- ・ processing する時間はとても短く、約 100 μ s 一方で、loading と readout を加えると、約 200 ms Ref[1] → processing 時間、短すぎ
- ・ 中性原子では digital processing と analog processing ができる Ref[1]
- ・ 中性原子ではレーザーを使って gate を実現する。詳しくは pulse duration, the laser intensity, the detuning and the phase of the laser を調整することで実現、Fidelity は 99.5% 以上←これは低いとおもう。例えば、Fidelity が 0.995 の gate を 1000 個使うとしたら、その後の Fidelity は $0.995^{1000} = O(10^{-3})$ Ref[1]
- ・ 中性原子は数マイクロメートルで離れているため、相互作用をおよぼさない。しかしこれは、2000 年に Rydberg state の原子が dipole-dipole interaction をすることが発見され解決される Ref[1]
- ・ 中性原子は数マイクロメートルでも相関を持たせることができるから qubit connectivity の観点で有利→ SWAP gate の使用量が減る Ref[1]
- ・ hybrid approach では classical computer をコスト関数の最適化に使い、quantum computer はただのサンプリングの道具
- ・ Features of Analog Quantum Simulation and Digital Quantum Simulation(in 2020)

	Analog Quantum Simulation	Digital Quantum Simulation
Resource used for simulation	Hamiltonians	Gates
Key advantages	Promising hybrid quantum-classical approaches	Universal approach
Shortcomings	Limited number of available configurations	Requires a large number of gates
Status	Quantum advantage already achieved	Academic research

- ・ 中性原子の配列をグラフ理論の点に対応させることで問題を解ける (要調査)
- ・ Quantum information encoded in an incoming photon can be stored in the atomic medium using the phenomenon of electromagnetically-induced transparency(EIT). Under EIT conditions, an atomic ensemble becomes transparent to light and a single photon can propagate inside it without losses under the form of a mixed light-matter excitation called a polariton. The polariton velocity is greatly reduced as compared to the speed of light in vacuum, and can even be temporarily set to zero Ref[2], transforming then the atomic ensemble into a quantum memory.Ref[1]

問題

- FTQC は暗号に悪影響を及ぼす可能性が高い
- 効率的な preparation と readout はパフォーマンスに大きな影響を与える
- coherence time で 100 個の gate しかできない (in 2020)Ref[1]
- gate の Fidelity は実験的に 94.1%(in 2020)Ref[1]
- 量子コンピューターでは qubit 同士の connectivity が問題←中性原子は mitigate
- solid state platform では新しい qubit を作るのが難しい (in 2020)
- parasitic charge (例えば?) によって decoherence が起こる
- analog processing の hamiltonian simulation は完全に一般化されているわけではない

思考

- 中性原子では、量子ビットを作ってから rearrange する工程がある。これはどのようにして効率よく行われるのだろうか Ref[1]
- analog processing で行える hamiltonian simulation の可能性はどのようなものだろうか

REFERENCE

- [1] Loïc Henriët, Lucas Bequin, QUANTUM COMPUTING WITH NEUTRAL ATOMS, arXiv:2006.12326
- [2] M. Bajcsy, A. S. Zibrov, and M. D. Lukin. Stationary pulses of light in an atomic medium. Nature, 426(6967):638 – 641, December 2003. DOI: 10.1038/nature02176.